

저자서지결합분석에 의한 국내 전기공학 분야 지적구조에 관한 연구*

Domain Analysis on Electrical Engineering in Korea by Author Bibliographic Coupling Analysis

변지혜** · 정은경***

Ji-Hye Byun · Eun-Kyung Chung

차 례

- | | |
|-----------------------|-----------------------|
| 1. 서 론 | 4. 전기공학 분야의 지적구조 분석결과 |
| 2. 관련 연구 | 5. 결 론 |
| 3. 전기공학 분야의 지적구조 분석과정 | · 참고문헌 |

초 록

본 연구는 저자서지결합분석을 사용하여 국내 전기공학 분야의 최신 연구 동향을 반영하는 지적 구조를 규명하고자 하였다. 국내 전기공학 분야의 저널을 대상으로 2005년부터 2009년까지 5년간의 총 2,157건의 논문과 이에 수록된 23,411건의 참고문헌 데이터를 분석하였다. 국내 전기공학 분야의 지적구조 규명을 위해 첫째, 다차원척도법, 군집분석, 네트워크 분석을 통하여 10여 개의 하위 주제 분야를 밝혔다. 둘째, 네트워크 분석을 통해 전기공학 저자들의 지적 관계를 시각화하여, 저자관계, 중심성 분석으로 전역 중심 저자와 지역 중심 저자를 제시하였다. 이러한 연구의 결과는 국내 전기공학 분야의 최신 연구 영역과 동향 파악에 도움을 줄 수 있으며, 도서관 및 주제전문 정보센터의 전기공학 분야 장서 개발 및 서비스 제공에 유용할 것으로 기대한다.

키 워 드

저자서지결합분석, 지적구조, 전기공학

* 본 연구는 한국과학기술정보연구원(KISTI)의 한국과학기술인용색인서비스(Korea Science Citation Index Service)의 인용데이터를 사용함.

** 이화여자대학교 일반대학원 문헌정보학과(byunjihye@naver.com)

*** 이화여자대학교 사회과학대학 문헌정보전공 조교수(echung@ewha.ac.kr) (교신저자)

• 논문접수일자: 2011년 8월 23일

• 최종심사(수정)일자: 2011년 9월 28일

• 게재확정일자: 2011년 10월 6일

ABSTRACT

The purpose of this study is to analyze the domain on the field of Electrical Engineering in Korea by the author bibliographic coupling analysis. The data set contains a total of 2,157 articles from two core journals with 23,411 citation data from 2005 to 2009 published in two prestigious journals. In order to achieve the purpose of this study, MDS analysis, clustering analysis and network analysis were used to examine core subject areas. In addition, the centrality analysis in the weighted networks was used to explore the key authors in this field such as the top global centrality authors and the top local centrality authors. The findings of this study can be utilized to guide the current research trend and author network for collection development and information services in the field of Electrical Engineering.

KEYWORDS

Author Bibliographic Coupling Analysis, Intellectual Structure, Electrical Engineering

1. 서론

1.1 연구의 배경 및 목적

전기공학은 역사가 오래된 학문 영역으로 오늘날 디지털 혁명을 통해 정보화 사회로 발전할 수 있는 원동력이 되었다. 미국공학한림원(National Academy of Engineering)에서 발표한 20세기의 위대한 공학 업적으로 Electrification(전화, 電化)이 1위로 선정되었으며, 20위 안에 전기공학에서 파생된 분야의 기술혁신주제가 절반 정도 포함되었다. 이렇게 전기공학의 연구 영역이 점점 확대되어 가고 있으며, 주변 학문 분야와의 융합이 가속화되어 가고 있다. 이러한 상황에서 국내 전기공학 연구자 및 연구결과를 분석 대상으로 한 지적구조 분석 연구는 아직 미비한 실정이다.

학문 분야의 지적구조를 규명하는 연구는 대체로 인용분석 기법을 사용하며, 인용분석의 연구는 인용계수의 분석, 서지결합법, 문헌동시인용분석, 저지동시인용분석 등으로 발전해왔다. 이 중 저지동시인용분석은 학문 분야의 지적구조를 나타내는데 효과적인 방법으로 평가되어왔다. 하지만 현재의 시점에서 과거의 지적구조를 관찰하기 때문에 현재 진행되는 연구 경향과 실제로 활동하는 연구자들을 파악하는데 있어서 제한적이다. 또한 국내 연구 동향을 분석할 경우 외국 논문의 인용 비율이 높은 분야는 상당수의 외국 학자들이 포함되어 국내 연구자들의 연구동향 및 지적구조를 규명하는데 있어서 한계가 있다(서은경 1992; 이재운 2008).

그동안 저지동시인용분석을 이용하여 과학 기술 분야를 주제로 지적구조를 분석한 연구 중 국내 저자만을 대상으로 연구한 사례는 화

학 분야를 대상으로 연구한 김현희(1989)의 논문이 유일하다. 외국 논문을 많이 인용하는 과학기술 분야에서 저자동시인용분석을 이용하여 지적구조를 분석할 경우, 외국 저자를 배제하고 국내 저자만을 대상으로 분석하면 만족할만한 결과를 얻지 못하기 때문에 연구 사례가 적은 것으로 판단된다. 과학기술 분야의 한 영역인 전기공학 분야도 학술지 인용문헌의 79%가 외국어로 외국 학술지의 논문을 인용하는 비율이 높은 것으로 나타났다(조현양, 조현선 2005). 이러한 한계를 극복하기 위해 이재운(2006a)은 저자서지결합분석을 제안했는데, 이 분석 기법은 인용 지체 현상이 없어 국내 최신 연구 동향을 파악하기에 효과적인 지적구조 분석법으로 제시되었다.

따라서 본 연구는 저자서지결합분석을 사용하여 국내 전기공학 분야의 최신 연구 동향을 반영하는 지적구조를 제시하고 하위 주제 영역의 구성을 규명하는데 목적이 있다. 또한 저자관계 네트워크를 시각화해 저자들의 지적 관계를 파악하고, 중심성 분석으로 전역 중심 저자와 지역 중심 저자를 규명하고자 한다.

1.2 연구의 방법 및 범위

본 연구에서는 전기전자공학 분야의 인용행태를 밝힌 선행연구와 저자서지결합분석을 적용한 연구에 대하여 살펴본 후, 국내 전기공학 분야의 지적구조를 분석하였다. 분석 대상은 한국연구재단에 등재된 학술지 중 전기공학

의 주제 영역을 종합적으로 다루고 있는 대한전기학회의 『전기학회논문지』와 *Journal of Electrical Engineering & Technology*이다. 분석 기간은 2005년부터 2009년까지 5년으로 선정하였는데, 이는 전기전자공학 분야는 학문의 발전 속도가 빠르고 반감기가 5.6년이라는 이가종과 윤석경(1996), 김홍렬(2003)의 논문에서 그 근거를 두었다. 본 연구에 필요한 데이터는 한국과학기술정보연구원(KISTI)으로부터 KSCI 논문정보 데이터와 참고문헌정보 데이터를 입수하여 보정 작업을 거친 후 사용하였다. 총 분석 대상 논문은 2,157건, 이들 문헌에 수록된 참고문헌은 23,441건이었으며, Microsoft Excel 2007을 이용하여 데이터를 수집했다.

분석 대상 저자는 논문계재빈도가 높을수록 12회 이상인 51명을 선정했으며, 전기공학 분야의 논문은 대부분 복수저자에 의한 공동 연구 논문이기에 복수저자를 고려해 선정하였다. 선정된 저자들이 발표한 논문의 참고문헌 정보로부터 피인용 저자들을 파악하고 저자 프로파일 벡터를 구성하였으며, 분석 대상 저자의 프로파일 벡터 간 연관도를 산출해 저자서지결합 행렬을 작성했다. 이 과정에서 코사인 계수와 피어슨 상관계수를 적용하여 행렬을 나타냈다. 피어슨 상관계수 행렬을 이용하여 다차원척도법과 군집분석을 수행하였다. 저자들의 위치를 2차원 공간상에 지도로 나타낸 후 차원을 해석하였고, 저자들의 군집을 확인하여 MDS 지도상에 함께 나타내어 전기공학 분야의 하위 주제 영역을 살펴보았다.

이를 위한 소프트웨어는 SPSS ver. 18.0을 사용했으며, 군집분석에 사용된 기법은 계층적 응집방법인 Ward 기법이다. 코사인 유사도 행렬을 이용하여 네트워크 분석을 수행하였다. 저자들 사이의 관계를 PFNET 알고리즘을 적용하여 나타내고, PNNC 기법으로 군집을 형성하여 전기공학 분야의 하위 주제 영역을 살펴보았다. 또한, 중심성 분석으로 전역중심성이 높은 저자와 지역중심성이 높은 저자를 살펴보았다. 네트워크와 군집 생성, 중심성 분석을 위한 프로그램은 이재운(2006c, 2006d)이 개발한 가중 네트워크 분석 프로그램을 사용하였고, 시각화를 위해서는 NodeXL을 사용하였다. 지적구조 분석 결과의 검증에 위하여 저자지도에 나타난 전기공학 연구자 중 2인과의 면담을 수행하였다. 연구자에게 하위 주제 분야를 나타낸 MDS 지도와 PFNET 지도를 제시하고 지적구조 생성 결과를 평가받았으며, MDS 지도의 차원을 해석하고 하위 주제 분야 명을 선정하는 과정에서 도움을 받았다.

2. 관련 연구

국내 전기공학 분야의 지적구조를 분석하기 위한 연구는 크게 두 가지 관련 연구로 구분하여 살펴볼 수 있다. 첫째는 인용행태를 분석한 연구가 다양한 학문 분야에서 수행되어 왔다. 본 연구의 대상 분야인 전기공학, 그리고 이와 가장 유사한 전자공학 분야를 대상으

로 인용행태를 분석한 연구는 지속적으로 연구되었다. 이해영(1994)은 학술지 수록 논문 235개와 INSPEC에 포함된 189개 논문에 나타난 총 3,414개의 인용 자료를 사용하여 전기·전자공학 분야 연구자들의 인용행태를 밝혔다. 인용된 자료로는 학술잡지(63.2%)가 가장 많이 인용되었고 단행본(16.4%), 학회 발표 논문집(12%) 순이었다. 인용된 자료를 보면 영어(84.4%)가 가장 많이 인용되었는데, 그 중에서도 미국자료(68.9%)를 가장 많이 인용하였다. 인용자료의 평균연한은 8.1년이였다. 이가종과 윤석경(1996)은 국내학술지를 대상으로 인용분석을 실시하였는데 자연과학 분야는 70.2%, 사회과학분야는 34.0%의 인용률을 보였다. 자연과학분야의 범주에 물리학, 화학, 전자공학을 넣어 분석했는데 그 중 전자공학의 학술지 인용률은 54.3%이었으며, 단행본은 22.7%, 학술대회논문집은 14.4%를 차지하였다. 단행본과 학술대회논문집의 인용률은 다른 학문 분야에 비하여 매우 높게 나타났다. 자연과학분야의 반감기는 7.5년, 사회과학분야는 7.3년으로 나타났다. 자연과학분야 중 응용과학분야인 전자공학의 반감기는 5.6년으로 기초과학 분야인 물리학 7.6년, 화학 11.5년의 경우보다 훨씬 짧다. 이를 통해 학문 분야에 따라 지식변화의 속도가 다름을 알 수 있었고, 사회과학분야는 자연과학분야에 비해 인용절정기와 반감기가 짧고, 응용과학은 기초과학에 비해 반감기가 짧다는 것을 확인하였다. 김홍렬(2003)은 국내 과학기술분야 가운데 기계, 건

축, 화학, 전기전자를 선정해 인용행태 분석을 하였는데, 전기전자 분야는 학술잡지(53.9%), 회의자료(26.7%), 도서(15.1%)의 순으로 나타나 회의자료의 인용이 다른 분야보다 높았다. 속보성이 강한 회의자료를 보다 많이 인용하는 것으로 미루어 볼 때 전기전자 분야가 다른 분야에 비해 학문의 발전 속도가 빠르며, 비공식 커뮤니케이션을 통한 활발한 연구가 진행되고 있음을 알 수 있었다. 전기전자 분야의 국내·외 정보의존도는 각각 16.9%, 83.1%로 해외정보의존도가 매우 높다. 사용언어는 영어 81.22%, 한국어 16.91%, 일본어 1.86%로 대개 영어로 기술된 정보원을 인용하였다. 국내 문헌의 반감기는 1.88년, 국외문헌의 반감기는 6.85년으로 나타나 5.6년의 짧은 반감기를 나타내었다. 조현양과 조현선(2005)은 1999년, 2001년, 2003년 3년에 걸쳐 기계, 건축, 전기, 전자 4개 분야의 학술지 논문에 포함된 인용 문헌을 분석하였다. 이 중 전기와 전자 분야의 논문 1편 당 평균 인용문헌 건수는 전기 분야 11건, 전자 분야 11.08건으로 나타났다. 인용문헌의 언어 조사 결과 영어, 한국어, 일어의 평균 인용비율이 전기 분야는 78%, 21%, 1%, 전자 분야는 89%, 10%, 1%로 나타났다. 공학 분야 연구자들이 연구 활동 과정에서 선호하는 자료는 학술지, 단행본, 회의록, 보고서, 학위논문, 웹 자원, 기타 순으로 나타났으며, 출판된 후 2년 전후의 최신 자료를 가장 많이 인용하였다. 인용 수명은 5년 이내 출판된 자료는 34.64%, 6~10년 사이에 출판된 자료는

46.57% 인용한 것으로 나타났다.

둘째, 저자서지결합분석에 관한 연구들을 살펴볼 수 있다. 이재운(2006a)은 저자동시인용분석의 한계를 보완하는 새로운 연구방법인 서지적저자결합분석을 제안하였는데, 이 기법은 Kessler가 제안한 서지결합법에 기반을 두되 분석 단위를 문헌이 아닌 저자로 삼고 있는 것이다. 저자동시인용분석 기법을 사용하여 영양학 분야와 건축학 분야를 분석한 기존 연구를 저자서지결합분석 기법을 적용하여 재해석한 후 비교하였다. 그 결과, 저자서지결합분석이 저자동시인용분석에 비해 최근 연구 동향을 더 잘 반영하며 활동적인 현역 연구자 위주의 해석을 가능하게 하는 것으로 나타났다. 따라서 이러한 저자서지결합분석은 국내 최신 연구 동향을 파악하는 것과 동시에 주제별로 활발히 연구하는 연구자를 파악할 수 있는 수단이 될 수 있으므로, 전통적인 저자동시인용분석의 단점을 상당히 보완할 수 있을 것으로 기대된다고 하였다.

김희전과 조현양(2010)은 사회복지학 분야의 전통적인 지적구조뿐만 아니라 최신의 연구 동향 및 최근 활발히 활동하는 핵심 연구자를 파악하기 위하여 저자동시인용분석과 저자서지결합분석을 수행했다. 연구결과 학문 분야의 지적구조를 분석할 때에 학문의 전통적 하위 주제 영역 파악이나 실제 연구자들의 연구 경향을 파악하기 위해서는 저자동시인용분석과 저자서지결합분석을 병행하는 것이 보다 효과적이라고 밝혔다.

Zhao와 Strotmann(2008)은 연구 활동의 현 상태를 더 실제적으로 나타내기 위한 방법으로 저자서지결합분석 기법을 제안했는데, 연구 분야에서 활동적인 저자를 파악할 수 있으며 저자동시인용분석 기법을 보완한다고 하였다. 1996~2005년 동안의 정보학 분야 지적구조를 연구하였는데 저자서지결합분석은 현재 활발하게 진행 중인 연구를 사실적으로 제공하기 위한 효율적인 방법이며, 저자동시인용분석은 그 분야에 대한 내부와 외부뿐만 아니라 최근과 역사적인 지적 영향도를 살핀다는 사실을 발견하였다. 이 두 인용분석 방법은 서로를 보완해주며 단독으로 분석했을 때보다 결합하여 분석했을 때 더 완벽한 견해를 제시할 수 있으며 연구 분야가 현재까지 진화해 온 궤도를 얻을 수 있는 것으로 나타났다. 또한 저자서지결합분석에서 나타난 연구자가 저자동시인용분석에서는 나타나지 않았을 때 최근 나타난 연구자를 제안할 수 있으며, 연구자가 저자서지결합분석에서는 없지만 저자동시인용분석에서만 나타났을 때는 서서히 사라져가는 영역을 예측할 수도 있다고 하였다.

3. 전기공학 분야의 지적구조 분석과정

3.1 자료 수집과 저자 선정

국내 전기공학 분야의 지적구조를 분석하기

위해 한국연구재단에 등재된 전기공학 분야의 학술지 중 전기공학의 주제 영역을 종합적으로 포괄하여 다루고 있는 학술지인 『전기학회논문지』와 *JEET*를 분석 대상 학술지로 선정하였다. 『전기학회논문지』는 대한전기학회가 1982년부터 발행하기 시작한 논문지로 월간으로 발간하고 있다. 원래 하나의 학술지였으나 1999~2006년 동안은 4종의 학술지 『전기학회논문지A(전력기술)』, 『전기학회논문지B(전기기기 및 에너지변환시스템)』, 『전기학회논문지C(전기물성·응용)』, 『전기학회논문지D(시스템 및 제어)』로 발행하다가 2007년에 통합하여 『전기학회논문지』로 발행하고 있다. *JEET*는 대한전기학회가 2006년부터 발행하기 시작한 영문논문지로 계간으로 발간하고 있다. 비록 발행시기가 오래되지 않았지만 SCIE에 등재된 논문지이다.

데이터는 KISTI로부터 2005~2009년 동안 『전기학회논문지』와 *JEET*에 게재된 KSCI 논문정보 데이터와 참고문헌정보 데이터를 입수하여 보정 작업을 거친 후 사용하였다. *JEET*은 2006년에 출간되어 2005년의 데이터는 포함될 수 없었다. Microsoft Excel 2007을 이용하여 데이터를 수집했으며, 학술지명, 권호 및 페이지, 발행연도, 논문제목, 논문 저자명, 인용된 저자명, 인용된 논문제목 등의 사항이 포함되었다. 분석 대상 논문 수는 『전기학회논문지』 1,837건, *JEET* 320건으로 두 학술지에 게재된 총 논문의 수는 2,157건이다. 분석 대상 참고문헌 수는 『전기학회논문지』 19,497건, *JEET*

3,944건으로 두 학술지에 인용된 전체 참고문헌은 총 23,441건이다.

저자서지결합분석을 수행하기 위한 저자 선정 방법은 특정 학문 분야에서 주요 저자라고 규명된 저자리스트를 사용하거나 해당 분야 전문가의 조언을 듣거나 발표 논문 수를 기준으로 선정할 수 있다. 본 연구에서는 저자 선정 과정에서 개입될 수 있는 주관성을 배제하기 위해 저자들이 발표한 논문 건수를 바탕으로 게재 빈도가 높은 순으로 분석 대상 저자를 선정하였다. 2005년부터 2009년까지 『전기학회 논문지』와 *JEET*에 게재된 분석 대상 논문 2,157건의 논문저자는 총 7,053명이다. 이것은 동일 저자를 누적하여 산출한 수이다. 단일저자의 논문은 246건으로 전체 논문 수의 11.4% 밖에 되지 않으며 대부분 복수저자에 의한 공동연구 논문이었다. 본 연구의 분석 대상 논문은 평균 3.27명의 저자가 함께 논문을 작성했다고 볼 수 있다. 이은숙(2003)은 지적구조 분석시 제1저자만을 고려한 것보다 복수저자를 모두 고려한 경우가 그 분야의 주제적인 관계를 이해하는데 보다 적합하다고 주장했다. 그래서 논문을 발표한 모든 저자를 대상으로 논문 게재 횟수를 누적해 빈도수를 산정했다. 그 결과 분석 대상 논문 집합에 논문을 한 편이라도 발표한 저자는 3,445명으로 나타났으며, 이 중에서 논문을 12회 이상 게재한 저자 51명을 분석 대상 저자로 선정했다. 논문 게재 빈도 13회 이상 저자는 38명, 12회 이상 저자는 51명, 11회 이상 저자는 63명으로 나타났다. 기존의

선행연구를 보면 저자의 수를 50명 전후로 선정한 경우가 많아, 이 기준에 가장 근접한 논문 게재 빈도 12회 이상인 51명의 저자를 선정했다. 이렇게 선정된 논문 게재 빈도 상위 51명의 저자는 <표 1>과 같다.

3.2 저자 프로파일 벡터 구성

분석 대상 저자가 선정된 이후에 저자 프로파일 벡터를 구성하였다. 분석 대상 저자가 어떤 저자를 몇 회 인용하였는지를 파악하여 구성하게 되는데, 자기 인용도 포함하여 벡터를 구성하였다. 분석 대상 저자들이 발표한 논문의 피인용 저자들을 파악하기 위해서는 참고문헌 정보가 필요하다. 이때, 학술지에 게재된 모든 논문의 참고문헌 정보가 필요한 것이 아니라, 선정된 분석 대상 저자들의 참고문헌 정보만 있으면 되기 때문에 분석을 위한 데이터의 양은 현저히 줄어드는 이점이 있다. 여기에서 사용된 참고문헌 데이터는 학술지에 게재된 연구논문으로 제한되었다. 단행본, 석·박사 학위논문, 학술대회 발표 논문, 회의자료, 보고서 등은 제외했다. 연구자가 자신의 연구결과를 정리하고 결론을 내리는 독창성을 가진 연구논문으로 제한하고자 했기 때문에 단행본, 회의자료, 보고서 등은 제외되었다. 또한, 석·박사 학위논문, 학술대회 발표 논문은 그 내용을 정리하여 정규 학술지에 투고 가능하므로 같은 내용의 논문임에도 불구하고 저자의 논문 게재 빈도수를 증가시키는 원인이 되므로 제외했다.

〈표 1〉 논문 게재 빈도 상위 51명의 저자

순위	저자명	게재 논문수	순위	저자명	게재 논문수
1	박대희	31	27	강상희	14
2	김발호	30	27	권성원	14
3	김재철	28	27	김경섭	14
4	김철환	27	27	김명수	14
5	한병문	25	27	김진호	14
6	박종배	24	27	김희제	14
7	김진오	20	27	박정후	14
7	문채덕	20	27	박종근	14
7	오성권	20	35	이권순	13
10	이승재	19	35	장성일	13
10	최면송	19	35	정채균	13
12	김영석	18	35	한석만	13
12	신중린	18	39	강동식	12
14	고창섭	17	39	김규호	12
14	권병일	17	39	김용균	12
14	임일형	17	39	박준호	12
17	강용철	16	39	송기동	12
17	고윤석	16	39	이동일	12
17	김규탁	16	39	이병준	12
17	안진우	16	39	이복희	12
17	이종범	16	39	이상봉	12
17	정구형	16	39	이해준	12
23	이광호	15	39	장길수	12
23	이상현	15	39	정진교	12
23	이 주	15	39	최용성	12
23	정재갑	15			

51명의 분석 대상 저자가 피인용 저자 1,657명 각각을 몇 회 인용하였는지 산출하여 각 저자의 프로파일 벡터를 구성하였다. 이때 동일 피인용 저자의 다수 논문들이 하나의 분석 대상 논문에서 여러 번 인용된 경우에는 한 번만 인용된 것으로 간주하여 계산하였다.

3.3 저자서지결합 행렬 작성

저자 프로파일 벡터를 구성한 이후에는 51

명의 분석 대상 저자 간 저자서지결합 행렬을 도출한다. 저자서지결합 행렬을 만들 때, 분석 대상 저자의 프로파일 벡터 간 연관도를 산출하는 과정에서 벡터 유사도 공식인 코사인 계수와 피어슨 상관계수를 적용했다.

코사인 유사도 행렬에서 유사도 값은 0~1의 범주로 나타난다. 유사도가 1에 가까울수록 두 저자는 유사도가 높고, 유사도가 0에 가까울수록 두 저자의 유사도는 낮다. 즉, 유사도가 높은 저자 쌍은 동일하거나 유사한 주제 분야

를 연구하고 있고, 유사도가 낮은 저자 쌍은 주 제적으로 연관성이 적다는 것을 의미한다.

분석결과 유사도가 가장 높은 저자쌍은 임 일형-최면송(0.9983)으로 나타났으며, 유사도 값이 0.9 이상인 저자쌍은 총 10쌍으로 김명수-정재갑(0.9971), 권성원-정재갑(0.9962), 권 성원-김명수(0.9923), 송기동-정진교(0.9877), 이승재-최면송(0.9839), 이승재-임일형(0.9833), 김용균-장성일(0.9720), 박종배-신중린(0.9452), 강용철-김용균(0.9219), 강용철-장성일(0.9115) 순으로 나타났다.

피어슨 상관계수의 값은 -1~+1의 범주로 나타난다. 상관계수의 크기는 절댓값이 크면 두 변수가 밀접하게 관련되어 있고, 절댓값이 작으면 관련성이 낮음을 의미한다. +는 정적 인 상관을, -는 부적인 상관을 나타낸다. 상관 관계의 정도에 대하여 Guilford(1950)는 상관 계수의 절댓값이 0.2 이하는 거의 무시할 정도 의 경미한 상관관계, 0.2~0.4는 낮은 상관관 계, 0.4~0.7은 비교적 높은 상관관계, 0.7~0.9 는 높은 상관관계, 0.9~1.0은 아주 높은 상관 관계를 가진다고 하였다.

분석결과 정적인 상관관계가 가장 높은 저 자쌍은 권성원-김명수(1.000), 권성원-정재갑 (1.000), 김명수-정재갑(1.000), 정진교-송기 동(1.000), 최면송-이승재(1.000), 이승재-임 일형(1.000), 최면송-임일형(1.000)으로 나타 났으며, Guilford(1950)의 해석에 따라 이들은 정적인 아주 높은 상관관계를 가진다. 부적인 상관관계가 가장 큰 저자쌍은 권병일-박종근

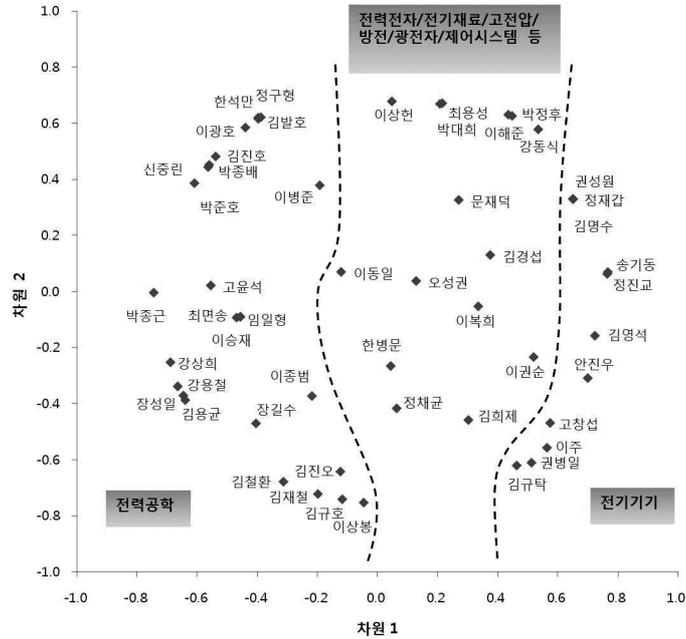
(-0.177)이며, 강동식-박종근(-0.161), 권성원 -박종근(-0.157), 김명수-박종근(-0.157), 정 재갑-박종근(-0.157), 강상희-권병일(-0.155), 박종근-이주(-0.154) 등의 순으로 나타났다. Guilford의 해석에 따라 이들은 거의 무시할 정도의 경미한 상관관계를 가진다.

4. 전기공학 분야의 지적구조 분석결과

4.1 다차원척도법에 의한 저자지도

지적구조 분석에서 빈번하게 사용되어 온 다차원척도법 수행 알고리즘인 ALSCAL은 전체적인 배치 상태는 잘 나타내지만 국지적 인 배치 상태는 상대적으로 잘 나타내지 못하 기 때문에 지도상에 군집분석 결과를 영역으 로 표시할 때 구불구불하게 그려지거나 군집 끼리 겹쳐지는 현상이 발생할 수 있다. 반면 PROXSCAL 알고리즘은 먼 변수 간의 관계 보다 가까운 변수 간의 관계를 제대로 반영해 ALSCAL보다 더 적절하게 지적구조를 표현 할 수 있다(이재운 2007).

따라서 입력데이터를 피어슨 상관계수 행렬 로 하여 상관계수를 z점수로 표준화하고 유클 리드 거리를 산출한 다음 PROXSCAL 알고리 즘을 적용하여 51명 저자 간의 관계를 2차원 공간상에 시각화했다. 좌표 값에 따라 저자들의 위치를 나타낸 저자지도는 <그림 1>과 같다.



〈그림 1〉 2차원상의 저자지도

저자지도의 X축은 전기공학 분야의 연구 주제, Y축은 연구 방법론을 나타내는 경향이 있었다.

저자지도의 X축을 기준으로 살펴보면 전력공학과 전기기기를 연구하는 저자들은 좌측과 우측에 확연하게 분리되어 포진해 있다. 그리고 저자지도의 중심에 위치한 저자들은 전력전자, 전기재료, 고전압, 방전, 광전자, 제어시스템, 지능시스템, 의용전기 등을 연구하는 저자들로 하나의 주제 분야를 연구하기보다는 몇 가지 주제 분야를 함께 연구하거나 다른 주제 분야와 협력 연구를 하는 경향이 높았다.

저자지도의 Y축을 기준으로 살펴보면 아래쪽에는 하드웨어 기반의 연구를 진행하는 저자들이 위치해 있었고 위쪽으로 갈수록 응용 프로

그램을 적용하여 해석하는 소프트웨어 기반의 연구 또는 이론적 연구를 진행하는 경향이 있다. 하지만 X축의 중심에 위치한 저자들은 위쪽과 아래쪽에 특별한 차별성이 발견되지 않았다.

4.2 군집분석에 의한 저자군집

저자들을 군집화 하여 세부주제 영역을 파악하기 위해 군집분석을 수행하였다. 피어슨 상관계수 행렬을 입력데이터로 하여 z점수로 표준화하고 제곱 유클리디안 거리를 사용하여 Ward기법으로 계층적 군집화 하였다. 덴드로그램의 결과와 저자들의 연구 분야를 바탕으로 전기공학 분야의 하위 연구 주제를 잘 나누어주는 적절한 군집의 수를 11개로 결정하였

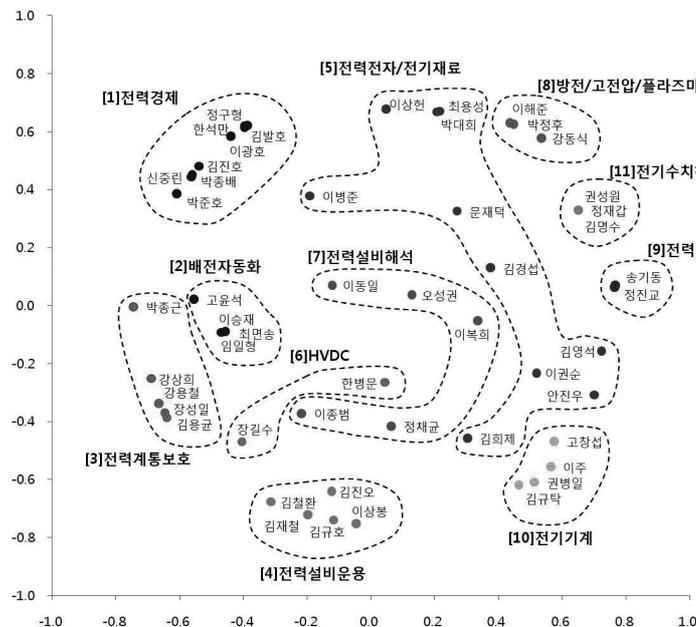
다. 각 군집을 대표하는 하위 주제 분야명은 논문의 키워드와 저자의 세부전공을 바탕으로 선정하였다. 이 과정에서 한국연구재단의 학술 연구분야 분류표에 나타난 전기공학 분야의 학문체계를 참고하였다.

군집분석으로 나타난 11개의 저자군집을 저자지도에 군집 간의 경계선을 그어 <그림 2>와 같이 나타내었다. 여기에서 [1] 전력경제, [2] 배전자동화, [3] 전력계통보호, [4] 전력설비운용, [6] HVDC, [7] 전력설비해석은 전력공학의 세부 분야이다. 또한 [9] 전력기기, [10] 전기기계, [11] 전기수치해석은 전기기기의 세부 분야다.

제5군집(전력전자/전기재료)은 전력전자 연구자와 전기재료 연구자가 함께 포함되어있다.

실제로 이들의 연구 분야는 하나로 정해지기도 하는 몇 개의 다른 분야 연구도 함께 하는 경향이 있었다. 제5군집에 속하지만 제8군집(방전/고전압/플라즈마)에 가까이 위치한 박대희, 최용성, 문재덕은 전기재료와 함께 방전/고전압도 연구한다. 그리고 제5군집에 속하지만 전력공학 분야 군집들과 가까이 위치한 이병준의 연구 분야는 전력공학(전력계통)이며, 제10군집(전기기계)에 가까이 위치한 안진우의 연구 분야는 전기기계이다. 제6군집(HVDC)의 한병문은 주요 연구 분야가 전력전자이지만 전력계통의 연구도 많았고, 전력계통의 연구자인 장길수와 의 공저 논문들로 인해 제6군집으로 묶였다고 볼 수 있다.

이와 같이 연구자가 MDS 지도상 자신의 연



<그림 2> MDS 지도에 나타난 하위 주제 분야

구 분야에 어울리는 차원에 위치하였음에도 불구하고, 군집분석 결과 자신의 주요 연구 분야가 아닌 군집에 속하는 경우도 있었다. 따라서 군집분석 결과를 함께 나타낸 MDS 지도로부터 지적구조를 해석할 때, 저자가 어떤 군집에 속해 있는지와 저자지도상 차원의 위치를 함께 고려하여 해석해야한다.

기준에 형성된 전기공학 분야의 학문체계와 지적구조 분석결과 나타난 학문체계를 비교하여 분석하기 위해 학술연구분야 분류표와 MDS 지도에 나타난 하위 주제 분야를 <표 2>와 같이 나타냈다.

학술연구분야 분류표에는 오랜 시간 축적된 전기공학 분야의 세부 주제 영역이 나타났다. 분류표를 통해 전기공학은 전자, 통신, 반도체, 디스플레이 등의 분야와 주제적으로 매우 밀접한 관련성이 있는 포괄적인 학문 분야라는 사실을 알 수 있었다. 반면 MDS 지도에 나타난 하위 주제 분야는 전기공학의 전반적인 연

구 영역이 아닌 최신 연구 동향이 반영된 주요 연구 영역을 나타냈다.

분류표에는 나와 있지만 MDS 지도상 드러나지 않은 반도체, 로봇틱스/로봇공학, 전기통신시스템, 조명공학 등은 데이터를 수집한 저널에서 독립하여 전기공학 분야의 타 저널인 Journal of semiconductor technology and science, 로봇학회 논문지, Journal of Communications and networks, 조명·전기설비학회 논문지 등에 주로 발표되기 때문에 지도상 크게 드러나지 않은 것으로 판단된다. 반면 분류표에는 나타나지 않았지만 지적구조 분석 결과 새롭게 형성된 전력경제, 플라즈마 분야를 확인할 수 있었다. 그리고 MDS 지도에 나타난 전력공학의 하위 영역이 분류표에 나타난 전력공학의 세 분류 보다 더 구체적으로 현재의 연구 경향을 나타내었다. 이것으로부터 전기공학 분야의 최신 연구 동향이 지적구조 분석에 반영되었음을 알 수 있었다.

<표 2> 전기공학 분야의 학문체계 비교

학술연구분야 분류표		MDS지도에 나타난 하위 주제 분야	
소분류명	세분류명	대주제명	소주제명
전력공학	전력계통	전력공학	전력경제
	전력발생		전력계통보호
			배전자동화
전력전송	전력설비운용		
	전력설비해석		
전기기기	전기기계		전기기기
	초전도/전력기기	전기기계	
	전기수치해석	전력기기	
	MEMS	전기수치해석	

학술연구분야 분류표		MDS지도에 나타난 하위 주제 분야	
소분류명	세분류명	대주제명	소주제명
전력전자	-	전력전자	-
전기재료	-	전기재료	-
방전/고전압	-	방전/고전압/플라즈마	-
전기법규	-		
반도체	반도체공정		
	반도체물성		
	반도체소자/회로		
전기제어계측	-		
발전/저장	-		
로보틱스/로봇공학	-		
컴퓨터/인공지능	-		
광전자/전자파	-		
회로	집적회로		
	전자회로		
	신경회로		
신호처리	VLSI신호		
	영상신호		
전기통신시스템	광통신		
	디지털통신		
전기철도/차량	-		
전자자기	-		
조명공학	-		
자동화	-		
의용/생체	-		
기타전기공학	-		

4.3 네트워크 분석에 의한 지적구조

4.3.1 하위 주제 분야 네트워크

지적구조를 시각화하는 방법으로 다차원척도법과 군집분석이 가장 널리 오랜 시간 동안 사용되어왔지만 MDS 지도의 차원 해석을 연구자가 직접 해야 하고, 세부구조를 제대로 표현하지 못하는 단점이 있다(이재운 2006b). 이러한 이유로 다차원척도법과 군집분석 대신

네트워크 분석을 실시하거나 세 가지 분석 기법을 병행하여 각 기법의 단점을 보완하여 분석한 많은 연구들을 찾아볼 수 있다(Marion and McCain 2001; McCain 등 2005; Leydesdorff and Vaughan 2006; 이재운, 문주영, 김희정 2007; 김희정 2008; 유종덕, 최은주 2011). 본 연구에서는 다변량 분석 과정으로 다차원척도법, 군집분석과 더불어 네트워크 분석을 실시하였다.

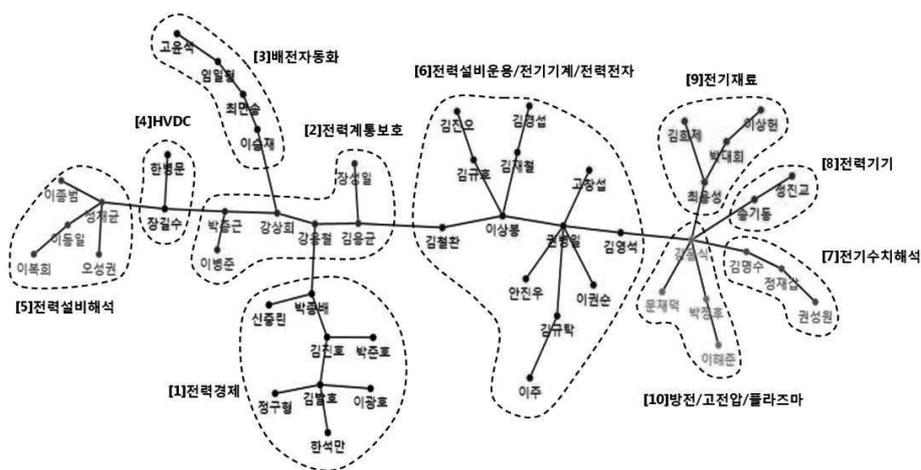
네트워크 분석에 의한 전기공학분야의 지적 구조를 살펴보기 위해 코사인 유사도 행렬을 입력데이터로 하여 Chen(2006)이 제시한 기준인 $r = \infty$, $q = n - 1$ 조건의 PFNET 알고리즘을 적용해 네트워크를 시각화했다. 또한 네트워크를 여러 개의 군집으로 분할하여 세부 주제 영역을 살펴보기 위해 PNNC 알고리즘을 적용하였다. 네트워크 생성 및 클러스터링 프로그램은 이재운(2006c)이 만든 가중 네트워크 프로그램을 사용하였고, 시각화를 위한 프로그램은 NodeXL을 사용했다.

분석 결과 PNNC 기법으로 10개의 군집이 형성되었다. 전기공학 분야의 하위 주제 영역을 나타내는 PFNET 저자지도는 <그림 3>과 같다.

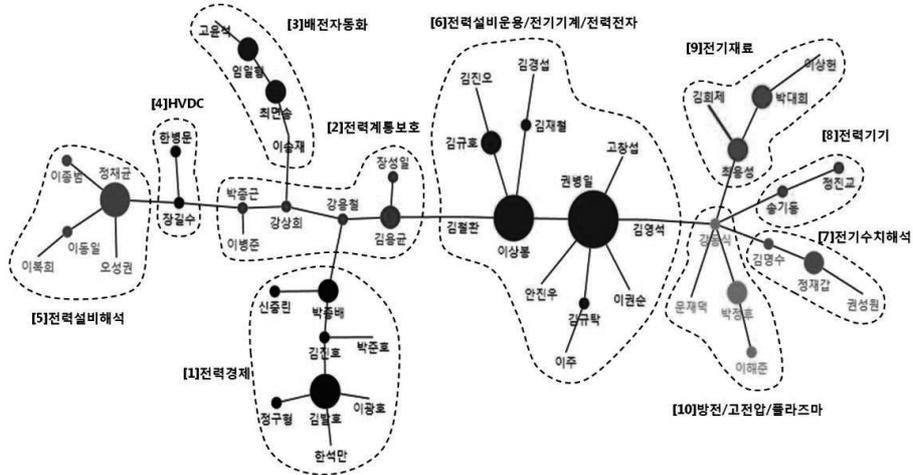
제2군집의 이병준은 군집분석 결과 전력전자/전기재료 분야에 속해있었는데, PNNC 분석 결과 자신의 주요 연구 분야인 전력계통보호에 속하게 되었다. 제6군집은 3개의 하위 주제 분

야가 각 군집으로 나뉘지는 못했지만, 각 연구 분야가 주제적으로 연관성이 커 하나의 군집으로 묶인 것으로 보인다. 하지만 이상봉(전력설비운용), 권병일(전기기계), 김영석(전력전자)을 기준으로 3개의 분야를 쉽게 구분할 수 있다. 제9군집 저자들이 군집분석에서는 전력전자/전기재료의 군집에 포함되어 전기재료 연구자들을 쉽게 파악하지 못했지만, PNNC 분석 결과 한눈에 파악할 수 있게 되었다. 제10군집의 문재덕은 방전/고전압 분야 연구자 임에도 불구하고 군집분석에서는 전력전자/전기재료 분야에 포함되었지만, PNNC 분석 결과 본인의 연구 분야에 맞게 군집화 되었다.

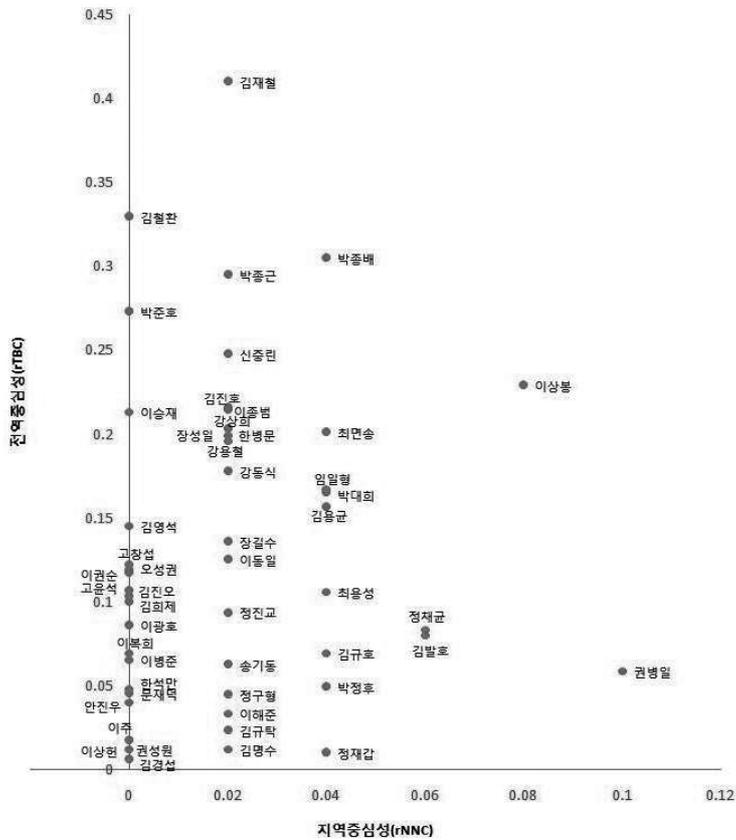
네트워크 분석의 결과를 다차원척도법과 군집분석의 결과와 비교해보면, 군집의 수만 다를 뿐 하위주제영역이 동일하게 나타났다. 하지만 네트워크 분석의 결과가 저자의 연구 분야에 맞게 군집이 더 잘 형성되었으며 저자들



<그림 3> PFNET 지도에 나타난 하위 주제 분야



〈그림 5〉 지역중심성에 의한 저자관계 네트워크



〈그림 6〉 저자들의 네트워크 중심성 분포 그래프

같이 가로축은 지역중심성, 세로축은 전역중심성을 나타내는 분산형 그래프를 그려 분석하였다. 그 결과 전역중심성과 지역중심성이 모두 높은 저자는 나타나지 않았다. 전역중심성이 가장 높은 김재철의 경우 지역중심성은 낮았다. 지역중심성이 가장 높은 권병일 역시 전역중심성은 낮았다. 대부분의 저자들이 전역중심성과 지역중심성이 모두 낮은 곳에 분포해 있었다.

5. 결론

본 연구에서는 저자동시인용분석이 가지고 있던 한계를 극복하기 위해 저자서지결합분석을 사용하여 국내 최신 연구 동향을 반영하는 지적구조 분석의 결과를 제시하였다. 다차원척도법과 군집분석으로 작성된 저자지도를 통해 국내 전기공학 분야의 지적구조를 제시하고 하위 주제 영역의 구성을 규명하였다. 또한, 저자들 사이의 관계를 PFNET로 시각화하고 PNNC 기법으로 군집을 형성하여 전기공학 분야의 하위 주제 영역을 살펴보았다. 이와 함께 중심성 분석으로 전역 중심 저자와 지역 중심 저자를 확인하였다.

전기공학 분야의 지적구조 분석을 통하여 얻은 결과를 요약하면 다음과 같다.

첫째, 다차원척도법으로 나타난 MDS 지도의 차원을 해석한 결과 X축은 전기공학 분야의 연구 주제를 나타내며 Y축은 연구 방법론

을 나타내는 경향이 있다.

둘째, 군집분석 결과 11개의 군집이 형성되었으며, 이들 각 군집은 전력경제, 배전자동화, 전력계통보호, 전력설비운용, HVDC, 전력설비해석, 전력전자/전기재료, 방전/고전압/플라즈마, 전력기기, 전기기계, 전기수치해석 분야를 나타낸다.

셋째, 군집분석으로 나타난 11개의 하위 주제 분야를 학술연구분야 분류표에 나타난 하위 주제 분야와 비교하였다. 학술연구분야 분류표에는 오랜 시간 축적된 전기공학 분야의 세부 주제 영역이 나타났으며, MDS 지도에 나타난 하위 주제 분야는 저자서지결합분석에 의한 지적구조 분석의 결과로 최신 연구 동향이 반영된 연구 영역이 나타났다.

넷째, PFNET와 PNNC 기법으로 저자들 사이의 관계를 시각화하고 군집을 형성한 결과, 10개의 군집이 형성되었으며 이들 각 군집은 전력경제, 배전자동화, 전력계통보호, HVDC, 전력설비해석, 전력설비운용/전기기계/전력전자, 전기재료, 방전/고전압/플라즈마, 전력기기, 전기수치해석 분야를 나타내었다.

다섯째, 다차원척도법과 군집분석으로 나타난 지적구조의 결과와 PFNET와 PNNC으로 나타난 지적구조의 결과를 비교해 본 결과 군집의 수만 다를 뿐, 하위주제영역이 동일하게 나타났다. 그렇지만 PFNET 지도에 나타난 결과가 저자의 연구 분야에 맞게 군집이 더 잘 형성되었으며, 저자들 간의 관계를 직관적으로 해석할 수 있었다.

여섯째, 전기공학 분야의 네트워크 중심성 분석 결과, 전역중심성이 가장 높은 저자는 김재철로 나타났으며, 지역중심성이 가장 높은 저자는 권병일로 나타났다.

일곱째, 저자들의 네트워크 중심성을 한눈에 살펴보기 위해 가로축은 지역중심성, 세로축은 전역중심성을 나타내는 분산형 그래프를 그려 분석한 결과 전역중심성과 지역중심성이 모두 높은 저자는 나타나지 않았으며 대부분의 저자들이 전역중심성과 지역중심성이 모두 낮은 곳에 분포해 있었다.

이상과 같이 본 연구에서는 저자서지결합분석을 사용하여 국내 전기공학 분야의 최신 연구 동향을 나타내는 지적구조를 제시하였다. 국외 문헌을 많이 인용하는 과학기술분야에서 국내 연구자를 대상으로 지적구조를 분석한 연구가 거의 없던 현실을 감안해 볼 때 저자서지결합분석은 국내의 특정 과학기술 분야의 지적구조 분석 연구에서 유용하게 사용될 수 있을 것이다. 또한 국내 전기공학 분야의 최신 연구 동향을 파악하고 연구자들 사이의 주제 네트워크가 어떻게 형성되었는지 확인하고자 하는 연구자들에게 도움이 될 것이다. 뿐만 아니라, 도서관과 주제전문 정보센터의 전기공학 분야 장서 개발 및 서비스 제공에 유용한 정보를 제공할 수 있다. 전기공학 분야에 대한 전문 지식을 가지고 있지 않은 사서도 저자지도를 통해 하위 주제 분야를 쉽게 파악할 수 있으며 활발히 진행 중인 주요 연구 분야와 주요 저자를 파악할 수 있다.

그러나 분석의 시기에 따라 지적구조는 다르게 나타날 수 있다. 지적구조는 크게 달라지지 않을지라도 주요 연구자는 바뀔 수 있다. 따라서 지적구조는 시간의 경과에 따라 달라질 수 있기 때문에 정기적으로 연구가 수행되어야 한다. 향후 연구에서는 분석의 기간을 전기공학 연구가 시작된 시기부터 5년이나 6년 단위로 나누어 추적조사를 하면 전기공학 분야가 발전해온 양상을 파악할 수 있을 것이다. 또한, 시기별로 주요 연구자를 파악할 수 있고 저자지도에서 사라지거나 새롭게 나타나는 연구자도 파악할 수 있을 것이다.

참고문헌

- 김현희. 1989. 저자들의 동시인용과 하위주제간 추이행렬시스템을 통한 주제문헌의 구조적 분석에 관한 고찰. 『정보관리학회지』, 6(2): 21-44.
- 김홍렬. 2003. 과학기술문헌의 인용분석 연구. 『정보관리학회지』, 20(4): 1-12.
- 김희전, 조현양. 2010. 저자동시인용분석과 저자서지결합분석에 의한 지적 구조 분석: 사회복지학 분야를 중심으로. 『정보관리학회지』, 27(3): 283-306.
- 김희정. 2008. 패스파인더 네트워크 분석에 의한 ASIST Proceedings 인용흐름 연구. 『정보관리학회지』, 25(2): 157-166.
- 서은경. 1992. 정보검색분야의 지적 구조와 변화

- 에 관한 연구: 영어문화권 저자들을 중심으로. 『정보관리학회지』, 9(1): 55-82.
- 유종덕, 최은주. 2011. 저자프로파일링분석과 저자동시인용분석의 유용성 비교 검증. 『정보관리학회지』, 28(1): 123-144.
- 이가중, 윤석경. 1996. 학술지 인용분석에 관한 연구. 『한국행정정보』, 30(2): 97-112.
- 이은숙. 2003. 『복수저자를 고려한 저자동시인용분석 연구: 정보학과 컴퓨터과학을 대상으로』. 석사학위논문, 연세대학교 대학원, 문헌정보학과.
- 이재운. 2006a. 국내 최신 동향 파악을 위한 새로운 지적 구조 분석법. 『한국정보관리학회 학술대회 논문집』, 13: 145-152.
- _____. 2006b. 지적 구조의 규명을 위한 네트워크 형성 방식에 관한 연구. 『한국문헌정보학회지』, 40(2): 333-355.
- _____. 2006c. 지적 구조 분석을 위한 새로운 클러스터링 기법에 관한 연구. 『정보관리학회지』, 23(4): 215-231.
- _____. 2006d. 계량서지적 네트워크 분석을 위한 중심성 척도에 관한 연구. 『한국문헌정보학회지』, 40(3): 191-214.
- _____. 2007. 지적 구조 분석을 위한 MDS 지도 작성 방식의 비교 분석. 『한국문헌정보학회지』, 41(2): 335-357.
- _____. 2008. 서지적 저자결합분석: 연구동향 분석을 위한 새로운 접근. 『정보관리학회지』, 25(1): 173-190.
- 이재운, 문주영, 김희정. 2007. 텍스트 마이닝을 이용한 국내 기록관리학 분야 지적구조 분석. 『한국문헌정보학회지』, 41(1): 345-372.
- 이해영. 1994. 한국 전기전자공학 분야의 인용 분석 연구. 『정보관리학회지』, 11(1): 229-263.
- 조현양, 조현선. 2005. 주요 4개 공학분야 연구자의 문헌인용 행태 연구. 『정보관리연구』, 36(2): 1-24.
- Chen, C. 2006. "CiteSpace II: Detecting and Visualizing Emerging Trends and Transient Patterns in Scientific Literature." *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, 57(3): 357-377.
- Guilford, J. P. 1950. *Fundamental Statistics in Psychology and Education*. New York: McGraw-Hill.
- Leydesdorff, L. and L. Vaughan. 2006. "Co-occurrence Matrices and Their Applications in Information Science: Extending ACA to the Web Environment." *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, 57(12): 1616-1628.
- Marion, L. S. and K. W. McCain. 2001. "Contrasting Views of Software Engineering Journals: Author Cotation Choices and Indexer Vocabulary Assignments." *Journal of the American*

- Society for Information Science and Technology*, 52(4): 297-308.
- McCain, K. W., J. M. Verner, G. W. Hislop, William Evance, and Vera Cole. 2005. "The Use of Bibliometric and Knowledge Elicitation Techniques to Map a Knowledge Domain: Software Engineering in the 1990s." *Scientometrics*, 65(1): 131-144.
- National Academy of Engineering. 2003. *Greatest Engineering Achievements of the 20th Century*. [cited 2011. 1. 10]. <<http://www.greatachievements.org/>>.
- Zhao, D. and A. Strotmann. 2008. "Evolution of Research Activities and Intellectual Influences in Information Science 1996-2005: Introducing Author Bibliographic-Coupling Analysis." *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, 59(13): 2070-2086.